

**Family list**4 family members for: **JP2004281274**

Derived from 4 applications

- 1 Light emitting element and light emitting device**  
**Inventor:** HIROKO YAMAZAKI (JP) **Applicant:** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB (JP)  
**EC:** H01L51/50E3; H01L51/50E8 **IPC:** H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50 (+10)  
**Publication info:** CN1543282 A - 2004-11-03
- 2 ORGANIC LIGHT-EMITTING ELEMENT AND LIGHT-EMITTING DEVICE**  
**Inventor:** YAMAZAKI HIROKO **Applicant:** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
**EC:** H01L51/50E3; H01L51/50E8 **IPC:** H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50 (+10)  
**Publication info:** JP2004281274 A - 2004-10-07
- 3 LIGHT EMITTING DEVICE AND LIGHT EMITTING APPARATUS TO CUT DOWN POWER CONSUMPTION**  
**Inventor:** YAMAZAKI HIROKO **Applicant:** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB KK  
**EC:** H01L51/50E3; H01L51/50E8 **IPC:** H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50 (+10)  
**Publication info:** KR20040082286 A - 2004-09-24
- 4 Light emitting element and light emitting device**  
**Inventor:** YAMAZAKI HIROKO (JP) **Applicant:**  
**EC:** H01L51/50E3; H01L51/50E8 **IPC:** H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50 (+10)  
**Publication info:** US2004183082 A1 - 2004-09-23




---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**ORGANIC LIGHT-EMITTING ELEMENT AND LIGHT-EMITTING DEVICE**

**Patent number:** JP2004281274  
**Publication date:** 2004-10-07  
**Inventor:** YAMAZAKI HIROKO  
**Applicant:** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

**Also published as:**

 US2004183082 (A)  
 KR20040082286 (A)  
 CN1543282 (A)

**Classification:**  
- international: **H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50; H05B33/14; H01L51/00; H01L51/30; H01L33/00; H01L27/15; H01L51/50; H05B33/14; H01L51/00; H01L51/05; (IPC1-7): H05B33/14**  
- european: H01L51/50E3; H01L51/50E8  
**Application number:** JP20030072275 20030317  
**Priority number(s):** JP20030072275 20030317

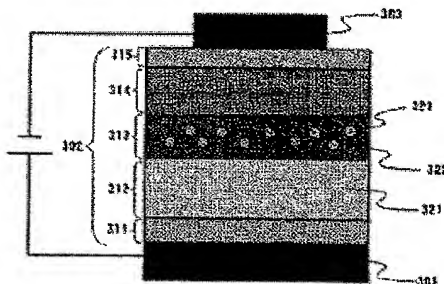
**Report a data error he**

**Abstract of JP2004281274**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a highly efficient white organic light-emitting element having a peak at each wavelength range of red, green and blue, especially with its emission spectrum not relying on current density.

**SOLUTION:** A first light-emitting layer 312 presenting blue-light emission and a second light-emitting layer 313 using a phosphorescent material capable of spontaneously emitting both phosphorescent luminescence and excimer luminescence are combined. At this time, in order to derive the excimer luminescence of the phosphorescent material, it is effective to disperse a phosphorescent material 323 having a high flat structure like a platinum complex in a host material 322 with a high concentration of 10 wt% or higher. Then the first light-emitting layer 312 is provided close to the anode side of the second light-emitting layer 313, and that, the ionization potential of the second light-emitting layer 313 is preferred to be larger by 0.4eV than that of the first light-emitting layer 312.

**COPYRIGHT:** (C)2005,JPO&NCIPI



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H 0 5 B 33/14

F I

H 0 5 B 33/14

B

テーマコード (参考)

3 K 0 0 7

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全21頁)

(21) 出願番号 特願2003-72275 (P2003-72275)

(22) 出願日 平成15年3月17日 (2003.3.17)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

(72) 発明者 山崎 寛子

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社

半導体エネルギー研究所内

Fターム (参考) 3K007 AB03 AB04 AB05 BB06 DB03

FA01

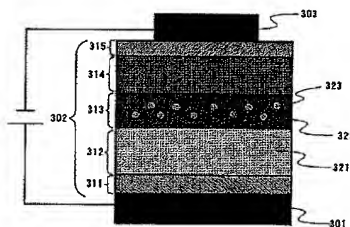
## (54) 【発明の名称】 有機発光素子および発光装置

## (57) 【要約】

【課題】 赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する高効率な白色有機発光素子を提供する。また特に、その発光スペクトルが電流密度に依存しない白色有機発光素子を提供する。

【解決手段】 青色発光を呈する第一発光層 312 と、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発することができ、燐光材料を用いた第二発光層 313 とを組み合わせる。この時、燐光材料のエキシマー発光を導出するためには、白金錯体のような平面性の高い構造を持つ燐光材料 323 を 10 wt % 以上の高濃度でホスト材料 322 に分散させることが有効である。また、第一発光層 312 は第二発光層 313 の陽極側に接して設けられ、かつ、第二発光層 313 のイオン化ポテンシャルは、第一発光層 312 のイオン化ポテンシャルに比べて 0.4 eV 以上大きい構成が好ましい。

【選択図】 図 3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

陽極と陰極との間に、青色発光を呈する第一発光層と、燐光材料を含み、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有することを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 2】

陽極と陰極との間に、ホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された第一発光層と、燐光材料を含み、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有することを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 3】

陽極と陰極との間に、青色発光を呈する第一発光層と、ホスト材料に燐光材料が 10 wt % 以上の濃度で分散され、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有することを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 4】

陽極と陰極との間に、第一ホスト材料に青色発光を呈する第一ゲスト材料が分散された第一発光層と、第二ホスト材料に燐光材料が 10 wt % 以上の濃度で分散され、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有することを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 に記載の有機発光素子において、前記第一発光層は前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二発光層のイオン化ポテンシャルは、前記第一発光層のイオン化ポテンシャルに比べて 0.4 eV 以上大きいことを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 6】

請求項 2 に記載の有機発光素子において、前記第一発光層は前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二発光層のイオン化ポテンシャルは、前記ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて 0.4 eV 以上大きいことを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 7】

請求項 3 に記載の有機発光素子において、前記第一発光層は前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルは、前記第一発光層のイオン化ポテンシャルに比べて 0.4 eV 以上大きいことを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 8】

請求項 4 に記載の有機発光素子において、前記第一発光層は前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルは、前記第一ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて 0.4 eV 以上大きいことを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第一発光層からの発光スペクトルの最大ピークは、400 nm 以上 500 nm 以下の領域に位置することを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記燐光材料は 500 nm 以上 700 nm 以下の領域に 2 つ以上のピークを有する発光を示し、かつ、前記 2 つ以上のピークのいずれかがエキシマー発光であることを特徴とする有機発光素子。

## 【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第一発光層からの発光スペクトルの最大ピークは 400 nm 以上 500 nm 以下の領域に位置し、かつ、前記燐光材料は 500 nm 以上 700 nm 以下の領域に 2 つ以上のピークを有する発光

10

20

30

40

50

を示し、かつ、前記 2 つ以上のピークのいずれかがエキシマー発光であることを特徴とする有機発光素子。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記燐光材料は、白金を中心金属とする有機金属錯体であることを特徴とする有機発光素子。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を用いたことを特徴とする発光装置。

【請求項 1 4】

カラーフィルターを有することを特徴とする請求項 1 3 に記載の発光装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する分野】

本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む層（以下、「電界発光層」と記す）と、を有する有機発光素子、およびそれを用いた発光装置に関する。また特に、白色発光を呈する有機発光素子、およびそれを用いたフルカラーの発光装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

有機発光素子は電界を加えることにより発光する素子であり、その発光機構はキャリア注入型である。すなわち、電極間に電界発光層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入されたホールが電界発光層中で再結合して励起状態の分子（以下、「励起分子」と記す）を形成し、その励起分子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光する。

20

【0 0 0 3】

なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

【0 0 0 4】

このような有機発光素子において、通常、電界発光層は  $1 \mu\text{m}$  を下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、電界発光層そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

30

【0 0 0 5】

また、例えば  $100 \sim 200 \text{ nm}$  程度の電界発光層において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、電界発光層のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【0 0 0 6】

さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず電界発光層の厚みを  $100 \text{ nm}$  程度の均一な超薄膜とし、また、電界発光層に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、 $5 \sim 5 \text{ V}$  で  $100 \text{ cd/m}^2$  の十分な輝度が達成された（非特許文献 1 参照）。

40

【0 0 0 7】

【非特許文献 1】

C. W. タン、外 1 名、アブライド フィジクス レターズ、Vol. 51, No. 12, 913-915 (1987)

【0 0 0 8】

こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世

50

代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、特に携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【 0 0 0 9 】

さらに、このような有機発光素子は、発光色のバリエーションに富んでいることも特色の一つである。このような色彩の豊かさの要因は、有機化合物自体の多様性にある。すなわち、分子設計（例えば置換基の導入）等により様々な発光色の材料を開発できるという柔軟性が、色彩の豊かさを生んでいるのである。

【 0 0 1 0 】

これらの観点から、有機発光素子の最も大きな応用分野は、フルカラーのフラットパネルディスプレイであると言っても過言ではない。有機発光素子の特徴を考慮し、様々なフルカラー化の手法が考案されているが、現在、有機発光素子を用いてフルカラーの発光装置を作製する構成として、三つの主流が挙げられる。

【 0 0 1 1 】

一つ目は、光の三原色である赤色（R）、緑色（G）、青色（B）のそれぞれの発光色を呈する有機発光素子を、シャドウマスク技術を用いて塗り分け、それぞれを画素とする手法である（以下、「RGB方式」と記す）。二つ目は、青色の有機発光素子を発光源として用い、その青色の光を蛍光材料からなる色変換材料（CCM）によって緑色あるいは赤色に変換することで、光の三原色を得る手法である（以下、「CCM方式」と記す）。三つ目は、白色の有機発光素子を発光源として用い、液晶表示装置などで用いられているカラーフィルター（CF）を設けることで、光の三原色を得る手法である（以下、「CF方式」と記す）。

【 0 0 1 2 】

この中で、CCM方式やCF方式は、用いる有機発光素子が青色（CCF方式）ないしは白色（CF方式）の単色であるため、RGB方式のようなシャドウマスクによる精緻な塗り分けは必要ない。また、色変換材料やカラーフィルターは従来のフォトリソグラフィ技術により作製できるものであり、複雑な工程も入らない。さらに、これらのプロセス上のメリットの他、一種類の素子しか用いないために、輝度の経時変化がどの色でも均一であるという利点もある。

【 0 0 1 3 】

ただし、CCM方式を用いた場合、原理的に青色から赤色への色変換効率が悪いため、赤色の表示に問題が生じる。また、色変換材料自体が蛍光体であるため、太陽光などの外光によって画素が発光してしまい、コントラストが悪化するという問題点もある。CF方式は従来の液晶ディスプレイと同様、カラーフィルターを用いているため、そのような問題点はない。

【 0 0 1 4 】

以上のことから、CF方式は比較的欠点の少ない手法ではあるが、CF方式の問題点は、多くの光がカラーフィルターに吸収されてしまうため、発光効率の高い白色の有機発光素子が必要なことである。白色有機発光素子としては、R、G、Bの各波長領域にピークを有する白色発光ではなく、補色の関係（例えば青色と黄色）を組み合わせた素子（以下、「2波長型白色発光素子」と記す）が主流である（例えば、非特許文献2参照）。

【 0 0 1 5 】

【非特許文献2】

城戸ら、「第46回応用物理学関係連合講演会」、p1281、28a-ZD-25（1999）

【 0 0 1 6 】

しかしながら、カラーフィルターと組み合わせた発光装置を考慮した場合、非特許文献2で報告されているような2波長型白色発光素子ではなく、R、G、Bの各波長領域にそれぞれピークを有する発光スペクトルを持つ白色有機発光素子（以下、「3波長型白色発光素子」と記す）が望ましい。

【 0 0 1 7 】

このような 3 波長型白色発光素子に関しても、いくつかの報告はなされている（例えば、非特許文献 3 参照）。しかしながら、このような 3 波長型白色発光素子は、発光効率の点で 2 波長型白色発光素子に及ばず、より大きな改善が必要である。また、3 箇所に発光層が設けられていることもあり、経時的な色変化が生じたり、あるいは流れる電流密度に依存してスペクトルが変化するなど、安定して白色光が得られない場合が多い。

【 0 0 1 8 】

【非特許文献 3】

J. キド ( J. K i d o ) ら、サイエンス、v o l . 2 6 7 , 1 3 3 2 - 1 3 3 4 ( 1 9 9 5 )

10

【 0 0 1 9 】

【発明が解決しようとする課題】

そこで本発明では、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する高効率な白色有機発光素子を提供することを課題とする。また特に、その発光スペクトルが電流密度に依存しない白色有機発光素子を提供することを課題とする。

【 0 0 2 0 】

さらに、前記有機発光素子を用いて発光装置を作製することにより、従来よりも消費電力が低く、色ずれが生じにくい発光装置を提供することを課題とする。

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、鋭意検討を重ねた結果、青色発光を呈する第一発光層と、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発することができる燐光材料を用いた第二発光層とを組み合わせることで、課題を解決できることを見出した。

20

【 0 0 2 2 】

燐光材料とは、三重項励起状態を発光に変換できる材料、すなわち燐光を放出できる材料のことである。有機発光素子においては、一重項励起状態と三重項励起状態が 1 : 3 の割合で生成すると考えられているため、燐光材料を用いることにより高い発光効率を達成できることが知られている。

【 0 0 2 3 】

さらに本発明では、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発することができる燐光材料を用いて第二発光層を形成するため、第二発光層からは二つ以上のピークを有する発光が得られる。この時、エキシマー発光は、燐光発光よりも長波長側（具体的には数十 nm 以上長波長側）に出現する。したがって、その二つのピークが緑色～赤色の領域に来るように設計することにより、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する高効率な白色有機発光素子を得ることができる。

30

【 0 0 2 4 】

したがって本発明の構成は、陽極と陰極との間に、青色発光を呈する第一発光層と、燐光材料を含み、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有する有機発光素子である。

【 0 0 2 5 】

また、前記第一発光層は、青色発光を呈するゲスト材料をホスト材料に分散させた構成でもよい。すなわち本発明の構成は、陽極と陰極との間に、ホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された第一発光層と、燐光材料を含み、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有する有機発光素子である。

40

【 0 0 2 6 】

ところで、燐光材料のエキシマー発光を導出するためには、燐光材料を 1 0 w t % 以上の高濃度で分散させることが有効であることを本発明者は見出した。したがって本発明の構成は、陽極と陰極との間に、青色発光を呈する第一発光層と、ホスト材料に燐光材料が 1 0 w t % 以上の濃度で分散され、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキ

50

シマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有する有機発光素子である。

【0027】

またこの時、前記第一発光層は、青色発光を呈するゲスト材料をホスト材料に分散させた構成でもよい。したがって本発明の構成は、陽極と陰極との間に、第一ホスト材料に青色発光を呈する第一ゲスト材料が分散された第一発光層と、第二ホスト材料に燐光材料が10wt%以上の濃度で分散され、かつ前記燐光材料からの燐光発光と前記燐光材料のエキシマー状態からの発光とを共に発する第二発光層と、を有する有機発光素子である。

【0028】

上述した構成において、前記第一発光層は前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二発光層のイオン化ポテンシャルが、前記第一発光層のイオン化ポテンシャルに比べて0.4eV以上大きいことが好ましい。

【0029】

また、前記第一発光層として、ホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された構成を適用する場合は、前記第一発光層が前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二発光層のイオン化ポテンシャルが、前記第一発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて0.4eV以上大きい状態が、さらに好ましい。

【0030】

また、前記第二発光層として、ホスト材料に燐光材料が分散された構成を適用する場合は、前記第一発光層が前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルが、前記第一発光層のイオン化ポテンシャルに比べて0.4eV以上大きいことが、さらに好ましい。

【0031】

また特に、前記第一発光層として第一ホスト材料に青色発光を呈する第一ゲスト材料が分散された構成を適用し、かつ、前記第二発光層として第二ホスト材料に燐光材料が分散された構成を適用する場合は、前記第一発光層が前記第二発光層の陽極側に接して設けられ、かつ、前記第二ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルが、前記第一ホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて0.4eV以上大きい状態が、さらに好ましい。

【0032】

なお、以上で述べた本発明の構成において、前記第一発光層からの発光スペクトルの最大ピークは、400nm以上500nm以下の領域に位置することが好ましい。また、前記燐光材料は、500nm以上700nm以下の領域に2つ以上のピークを有する発光を示し、かつ、前記2つ以上のピークのいずれかがエキシマー発光であることが好ましい。さらに、それらを組み合わせると、色彩のよい白色光が達成できるため有効である。

【0033】

また、本発明において、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発することができる燐光材料としては、白金を中心金属とする有機金属錯体が好ましい。

【0034】

そして、以上で述べたような本発明の有機発光素子を用いて発光装置を作製することで、従来よりも消費電力が低く、しかも色ずれが生じにくい発光装置を提供することができる。したがって本発明では、本発明の有機発光素子を用いた発光装置も含むものとする。

【0035】

また特に、本発明の有機発光素子は、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する高効率な白色発光を達成できるため、カラーフィルターを用いたフルカラーの発光装置に適用することが有効である。したがって本発明においては、カラーフィルターを有する発光装置についても含むものとする。

【0036】

なお、本明細書における発光装置とは、有機発光素子を用いた発光デバイスや画像表示デバイスを指す。また、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム(FPC: Flexible Printed Circuit)もしくはTAB(Tape A 50



utomated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下では、本発明の実施形態について、動作原理および具体的な構成例を挙げて詳細に説明する。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくともどちらか一方の電極が透明であれば良い。したがって、基板上に透明な電極を形成し、基板側から光を取り出す従来の素子構造だけではなく、実際は、基板とは逆側から光を取り出す構造や、電極の両側から光を取り出す構造も適用可能である。

10

【0038】

まず、本発明の基本的概念は、青色発光を呈する第一発光層と、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発する燐光材料を用いた第二発光層と、を適用することである。

【0039】

エキシマー発光は、通常の発光 (燐光材料であれば燐光発光) よりも必ず長波長側 (具体的には数十nm以上長波長側) に現れるため、例えば、緑色領域の燐光発光を呈する燐光材料のエキシマー発光は赤色領域に現れることになる。したがって、本発明の基本的概念を用いれば、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有し、なおかつ高効率な白色有機発光素子が達成できる。

20

【0040】

なお、この時の青色発光を呈する第一発光層としては、単一物質 (青色の発光体) からなる層を形成してもよいし、ホスト材料に青色の発光体であるゲスト材料を分散した層を形成してもよい。

【0041】

ところで、本発明を完成するには、燐光材料から燐光発光とエキシマー発光の両方を取り出す必要がある。その具体的な方法としては、例えば、白金錯体のように平面性の高い構造を持つ燐光材料をゲスト材料として用い、なおかつ、そのドーブ濃度を高くする (より具体的には10wt%以上にする) 手法がある。10wt%以上の高濃度にドーブすることにより、燐光材料同士の相互作用が大きくなり、その結果エキシマー発光が導出される。あるいはまた、燐光材料をゲスト材料として用いるのではなく、薄膜状の発光層あるいはドット状の発光領域として用いる手法も考えられる。ただし、エキシマー発光を導出する手法はこれらに限定されるものではない。

30

【0042】

デバイス構造の観点からは、第一発光層と第二発光層の両方を発光させるためのデバイス設計が必要となる。その方法の一つとしては、ホール輸送性を示す第一発光層を第二発光層の陽極側に接して設け、かつ、第二発光層のイオン化ポテンシャルを第一発光層のイオン化ポテンシャルに比べて十分に大きくする手法が挙げられる。

【0043】

この原理を説明するためのバンドダイアグラムを図1(a)に示す。図中では、第一発光層101のHOMO準位 (イオン化ポテンシャル) 110およびLUMO準位111、第二発光層102のHOMO準位 (イオン化ポテンシャル) 112およびLUMO準位113を、それぞれ示してある。

40

【0044】

この場合、もし第一発光層101のイオン化ポテンシャル110と第二発光層102のイオン化ポテンシャル112とのエネルギーギャップ120が小さいと、第一発光層101から第二発光層102にホールが侵入する。そして、第一発光層101はホール輸送性であるため、最終的にキャリアのほとんどは第二発光層102で再結合することになる。そうすると、第二発光層102が緑色～赤色領域の発光を呈するため、より短波長の青色発

50

光を呈する第一発光層 1 0 1 にエネルギー移動することができず、第二発光層 1 0 2 のみが発光してしまう。

【 0 0 4 5 】

この現象を防ぐためには、エネルギーギャップ 1 2 0 を十分に大きくすればよい。こうすることで、キャリアの大多数は、第一発光層 1 0 1 の第二発光層 1 0 2 との界面近傍において再結合する。そして、少数のキャリアが第二発光層 1 0 2 で再結合するか、あるいは第一発光層 1 0 1 で再結合して生成したエネルギーが部分的に第二発光層 1 0 2 に移動することにより、第一発光層 1 0 1 および第二発光層 1 0 2 の両方が発光することができる。なお、エネルギーギャップ 1 2 0 の値としては、具体的には 0 . 4 e V 以上であればよい。実験的に、エネルギーギャップ 1 2 0 が 0 . 4 e V 程度であれば、第一発光層と第二発光層の両方が発光する場合が多いためである。

【 0 0 4 6 】

また、第一発光層 1 0 1 として、ホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された構成を適用する場合も同様である。すなわち、第二発光層 1 0 2 のイオン化ポテンシャルが、第一発光層 1 0 1 全体（すなわち、第一発光層のホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された状態）のイオン化ポテンシャルよりも 0 . 4 e V 以上大きければよい。

【 0 0 4 7 】

ただし、さらに好ましくは、第二発光層のイオン化ポテンシャルが、第一発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて 0 . 4 e V 以上大きい状態である。その原理を、バンドダイアグラム図 1 ( b ) を用いて説明する。図中では、第一発光層のホスト材料の薄膜状態における H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 1 1 4 および L U M O 準位 1 1 5、青色発光を呈するゲスト材料の H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 1 1 6 および L U M O 準位 1 1 7 を、それぞれ示してある。他は図 1 ( a ) と同じ符号を用いている。

【 0 0 4 8 】

図中において、ホールが輸送されるのは第一発光層のホスト材料の薄膜状態における H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 1 1 4 である。したがって、第二発光層 1 0 2 のイオン化ポテンシャル 1 1 2 と、第一発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャル 1 1 4 とのエネルギーギャップ 1 2 1 が、0 . 4 e V 以上である状態が好ましい。

【 0 0 4 9 】

次に、燐光材料をゲスト材料として用いる場合について、その原理を説明する。バンドダイアグラムを図 2 ( a ) に示す。図中では、第一発光層 2 0 1 の H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 2 1 0 および L U M O 準位 2 1 1、第二発光層 2 0 2 のホスト材料の薄膜状態における H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 2 1 2 および L U M O 準位 2 1 3、第二発光層 2 0 2 のゲスト材料（燐光材料）の H O M O 準位（イオン化ポテンシャル） 2 1 4 および L U M O 準位 2 1 5 を、それぞれ示してある。

【 0 0 5 0 】

この場合、先に図 1 で説明したのと同様、第二発光層 2 0 2 全体（すなわち、第二発光層のホスト材料に燐光材料が分散された状態）のイオン化ポテンシャルが、第一発光層 2 0 1 のイオン化ポテンシャルよりも 0 . 4 e V 以上大きければよい。

【 0 0 5 1 】

ただし、さらに好ましくは、第二発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャル 2 1 2 が、第一発光層 2 0 1 のイオン化ポテンシャル 2 1 0 に比べて 0 . 4 e V 以上大きい状態である。

【 0 0 5 2 】

このような状態であれば、エネルギーギャップ 2 2 0 が大きいと、ホールの多くは第一発光層 2 0 1 の第二発光層 2 0 2 との界面近傍に蓄積するが、部分的には燐光材料の H O M O 準位 2 1 4 にトラップされる。したがって、第一発光層 2 0 1 と第二発光層 2 0 2 の両方が発光することができる。

【 0 0 5 3 】

また、第一発光層 2 0 1 としてホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された構成を適用する場合も、図 1 で説明したのと同様、第二発光層 2 0 2 全体（すなわち、第二発光層のホスト材料に燐光材料が分散された状態）のイオン化ポテンシャルが、第一発光層 2 0 1 全体（すなわち、第一発光層のホスト材料に青色発光を呈するゲスト材料が分散された状態）のイオン化ポテンシャルよりも 0 . 4 e V 以上大きければよい。

【 0 0 5 4 】

ただし、さらに好ましくは、第二発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルが、第一発光層のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルに比べて 0 . 4 e V 以上大きい状態である。その原理を、バンドダイアグラム図 2 ( b ) を用いて説明する。図中では、第一発光層のホスト材料の薄膜状態における H O M O 準位（イオン化ポテンシャル）2 1 6 および L U M O 準位 2 1 7、青色発光を呈するゲスト材料の H O M O 準位（イオン化ポテンシャル）2 1 8 および L U M O 準位 2 1 9 を、それぞれ示している。他は図 2 ( a ) と同じ符号を用いている。

10

【 0 0 5 5 】

図中において、ホールが輸送されるのは第一発光層のホスト材料の薄膜状態における H O M O 準位 2 1 6 である。したがって、第二発光層 2 0 2 のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャル 2 1 2 と、第一発光層 2 0 1 のホスト材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャル 2 1 6 とのエネルギーギャップ 2 2 1 が、0 . 4 e V 以上である状態であれば、先に図 2 ( a ) で述べたのと同じ現象が起こり、第一発光層と第二発光層の両方

20

【 0 0 5 6 】

次に、以下では、本発明の有機発光素子の構成について説明する。本発明の有機発光素子の電界発光層は、少なくとも上述した第一発光層と第二発光層とを含めばよい。また、従来の有機発光素子で知られているような、発光以外の機能を示す層（ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層）を適宜組み合わせてもよい。

【 0 0 5 7 】

まず、それら各層に用いることのできる材料を具体的に例示する。ただし、本発明に適用できる材料は、これらに限定されるものではない。

【 0 0 5 8 】

ホール注入層に用いることができるホール注入材料としては、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称：H<sub>2</sub>-Pc）、銅フタロシアニン（略称：Cu-Pc）等を用いることができる。また、導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（略称：PSS）をドーブしたポリエチレンジオキシチオフェン（略称：PEDOT）や、ポリアニリン（略称：PANI）、ポリビニルカルバゾール（略称：PVK）などを用いることもできる。また、五酸化バナジウムのような無機半導体の薄膜や、酸化アルミニウムなどの無機絶縁体の超薄膜も有効である。

【 0 0 5 9 】

ホール輸送層に用いることができるホール輸送材料としては、芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環-窒素の結合を有するもの）の化合物が好適である。広く用いられている材料として、例えば、N, N'-ビス（3-メチルフェニル）-N, N'-ジフェニル-1, 1'-ビフェニル-4, 4'-ジアミン（略称：TPD）や、その誘導体である 4, 4'-ビス〔N-（1-ナフチル）-N-フェニル-アミノ〕-ビフェニル（略称：α-NPD）などがある。また、4, 4', 4'-トリス（N, N'-ジフェニル-アミノ）-トリフェニルアミン（略称：TDATA）や、4, 4', 4'-トリス〔N-（3-メチルフェニル）-N-フェニル-アミノ〕-トリフェニルアミン（略称：MTDATA）などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

40

【 0 0 6 0 】

電子輸送層に用いることができる電子輸送材料としては、トリス（8-キノリノラト）ア

50

ルミニウム（略称：Alq<sub>3</sub>）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（略称：Almq<sub>3</sub>）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ[h]－キノリナト）ベリリウム（略称：BeBq<sub>2</sub>）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）－（４－ヒドロキシ－ピフェニル）－アルミニウム（略称：BAIq）、ビス〔２－（２－ヒドロキシフェニル）－ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BOX）<sub>2</sub>）、ビス〔２－（２－ヒドロキシフェニル）－ベンゾチアゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BTZ）<sub>2</sub>）などの金属錯体が挙げられる。さらに、金属錯体以外にも、２－（４－ピフェニル）－５－（４－tert-ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：PBD）、１，３－ビス〔５－（p-tert-ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル〕ベンゼン（略称：OXD-7）などのオキサジアゾール誘導体、３－（４－tert-ブチルフェニル）－４－フェニル－５－（４－ピフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：TAZ）、３－（４－tert-ブチルフェニル）－４－（４－エチルフェニル）－５－（４－ピフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：p-EtTAZ）などのトリアゾール誘導体、２，２′，２″－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス〔１－フェニル－１H－ベンズイミダゾール〕（略称：TPBI）のようなイミダゾール誘導体、パソフェナントロリン（略称：BPhen）、パソキエプロイン（略称：BCP）などのフェナントロリン誘導体を用いることができる。

10

【 0 0 6 1 】

電子注入層に用いることができる電子注入材料としては、上述した電子輸送材料を用いることができる。その他に、LiF、CsFなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、CaF<sub>2</sub>のようなアルカリ土類ハロゲン化物、Li<sub>2</sub>Oなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート（略称：Li（acac））や８－キノリノラト－リチウム（略称：Li<sub>2</sub>q）などのアルカリ金属錯体も有効である。

20

【 0 0 6 2 】

また、第一発光層における発光体としては、上述したTPD、α-NPDなどのホール輸送性を持つ青色の蛍光材料や、BAIq、Zn（BOX）<sub>2</sub>などの電子輸送性を持つ青色の蛍光材料を用いればよい。また、青色の各種蛍光色素をゲスト材料として用いてもよく、ベリレン、9，１０－ジフェニルアントラセン、クマリン系色素（クマリン30等）、などが挙げられる。さらに、燐光材料を用いてもよく、ビス（４，６－ジフルオロフェニル）ピリジナト－N，C<sup>3+</sup>（アセチルアセトナト）イリジウム（略称：Ir（Fppy）<sub>2</sub>（acac））等がある。これらは全て、400nm以上500nm以下に発光の最大ピークを示すため、本発明の第一発光層における発光体として好適である。

30

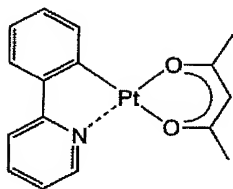
【 0 0 6 3 】

一方、第二発光層における発光体としては、白金を中心金属とする有機金属錯体が有効である。具体的には、下記構造式（１）～（４）で示される物質を高濃度にホスト材料に分散すれば、燐光発光とそのエキシマー発光の両方を導出することができる。ただし、本発明においてはこれらに限定されることはなく、燐光発光とエキシマー発光の両方を同時に発する燐光材料であれば何を用いてもよい。

【 0 0 6 4 】

【化１】

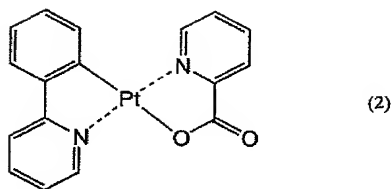
40



(1)

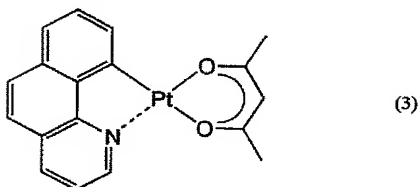
【化２】

50



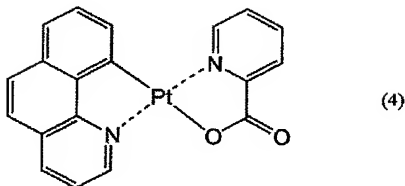
(2)

【化 3】



(3)

【化 4】



(4)

【 0 0 6 6 】

なお、本発明の第一発光層や第二発光層にゲスト材料を用いる場合、そのホスト材料としては、上述した例に代表されるホール輸送材料や電子輸送材料を用いることができる。また、4, 4'-N, N'-ジカルバゾリル-ビフェニル（略称：CBP）などのバイポーラ性の材料も用いることができる。

30

【 0 0 6 6 】

一方、本発明の有機発光素子における陽極材料としては、仕事関数の大きい導電性材料を用いることが好ましい。陽極側を光の取り出し方向とするのであれば、インジウム-スズ酸化物（ITO）、インジウム-亜鉛酸化物（IZO）等の透明導電性材料を用いればよい。また、陽極側を遮光性とするのであれば、TiN、ZrN、Ti、W、Ni、Pt、Cr等の単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との三層構造等を用いることができる。あるいは、Ti、Al等の反射性電極の上に上述した透明導電性材料を積層する方法でもよい。

40

【 0 0 6 7 】

また、陰極材料としては、仕事関数の小さい導電性材料を用いることが好ましく、具体的には、LiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金（Mg:Ag、Al:Liなど）の他、YbやEr等の希土類金属を用いて形成することもできる。また、LiF、CsF、CaF<sub>2</sub>、Li<sub>2</sub>O等の電子注入層を用いる場合は、アルミニウム等の通常の導電性薄膜を用いることができる。また、陰極側を光の取り出し方向とする場合は、LiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属を含む超薄膜と、透明導電膜（ITO、IZO、ZnO等）との積層構造を用いればよい。あるいは、アルカリ金属またはアルカリ土類金属と電子輸送材料を共蒸着した電子注入層を形成し、その上に透明導電膜（ITO、IZO、ZnO

50

〇等)を積層してもよい。

【 0 0 6 8 】

次に、図 3 および図 4 に、本発明の有機発光素子の構造を例示する。ただし、本発明はこれらの構造に限定されることはない。

【 0 0 6 9 】

図 3 は、陽極 3 0 1 と陰極 3 0 3 との間に電界発光層 3 0 2 を挟んだ構造であり、陽極 3 0 1 側から順次、ホール注入層 3 1 1、第一発光層 3 1 2、第二発光層 3 1 3、電子輸送層 3 1 4、ホール注入層 3 1 5 が積層されている。ここでは、第一発光層 3 1 2 を  $\alpha$ -NPD 等のホール輸送性の発光体で構成している。また、第二発光層 3 1 3 では、ホスト材料 3 2 2 に上述した白金錯体(上記構造式(1)~(4))のような燐光材料 3 2 3 を高濃度(具体的には 10 wt % 以上)に分散しており、燐光発光とエキシマー発光の両方を導出している。

10

【 0 0 7 0 】

本発明を適用すれば、このように単純な素子構造で赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを持つ白色発光素子が達成できる。さらに、図 3 ではドーブする材料を一種類(燐光材料 3 2 3)しか用いていないため、電流密度を変化させたときや、あるいは連続駆動した場合においても、発光スペクトルの形状が変化したりせず、安定な白色光を供給できる。

【 0 0 7 1 】

図 4 は、陽極 4 0 1 と陰極 4 0 3 との間に電界発光層 4 0 2 を挟んだ構造であり、陽極 4 0 1 側から順次、ホール注入層 4 1 1、ホール輸送層 4 1 2、第一発光層 4 1 3、第二発光層 4 1 4、電子輸送層 4 1 5、ホール注入層 4 1 6 が積層されている。ここでは、第一発光層 4 1 3 においては、ホール輸送層 4 1 2 で用いたホール輸送材料 4 2 1 をホストとし、ペリレン等の青色発光体 4 2 2 をゲストとして用いている。また、第二発光層 4 1 4 は、ホスト材料 4 2 3 に上述した白金錯体(上記構造式(1)~(4))のような燐光材料 4 2 4 を高濃度(具体的には 10 wt % 以上)に分散して構成されており、燐光発光とエキシマー発光の両方を導出している。

20

【 0 0 7 2 】

なお、以上で述べた本発明の有機発光素子を作製するに当たっては、有機発光素子中の各層の積層法を限定されるものではない。積層が可能ならば、真空蒸着法やスピンコート法、インクジェット法、ディップコート法など、どのような手法を選んでも良いものとする。

30

【 0 0 7 3 】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【 0 0 7 4 】

【実施例 1】

本実施例では、本発明の有機発光素子の素子構造および作製方法について、図 5 を用いて説明する。

【 0 0 7 5 】

まず、絶縁表面を有するガラス基板 5 0 0 上に有機発光素子の陽極 5 0 1 が形成される。材料として透明導電膜である ITO を用い、スパッタリング法により 110 nm の膜厚で形成した。陽極 5 0 1 の形状は、2 mm × 2 mm の大きさとした。

40

【 0 0 7 6 】

次に、陽極 5 0 1 上に電界発光層 5 0 2 が形成される。なお、本実施例では、電界発光層 5 0 2 がホール注入層 5 1 1、正孔輸送性の第一発光層 5 1 2、第二発光層 5 1 3、電子輸送層 5 1 4、電子注入層 5 1 5 からなる積層構造とした。第一発光層 5 1 2 には、その発光が青色である材料、具体的には、発光スペクトルの最大ピークが 400 ~ 500 nm である材料を用いる。また、第二発光層 5 1 3 には、ホスト材料および燐光発光を呈するゲスト材料を用いる。

【 0 0 7 7 】

はじめに、陽極 5 0 1 が形成された基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極 5 0 1 が形

50

成された面を下方にして固定し、真空蒸着装置の内部に備えられた蒸発源にCu-Pcを入れ、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法により20nmの膜厚でホール注入層511を形成した。

【0078】

次に、正孔輸送性および発光性に優れた材料により第一発光層512を形成する。ここでは、 $\alpha$ -NPDを同様の方法により、30nmの膜厚で形成した。

【0079】

さらに、第二発光層513を形成する。なお、本実施例では、ホスト材料としてCBPを用い、ゲスト材料として上記構造式(1)で表されるPt(ppy)acacを用い、その濃度が15wt%となるように調整し、共蒸着法により20nmの膜厚で形成した。

10

【0080】

また、第二発光層513の上には電子輸送層514が形成される。なお、電子輸送層514は、BCP(バソキュプロイン)を用いて、蒸着法により20nmの膜厚で形成した。その上に、電子注入層515としてCaF<sub>2</sub>を2nm形成し、積層構造を有する電界発光層502を形成した。

【0081】

最後に、陰極503を形成する。なお、本実施例では、アルミニウム(Al)を抵抗加熱による真空蒸着法により100nm形成し陰極503を形成した。

【0082】

以上により、本発明の有機発光素子が形成される。なお、本実施例1に示す構造では、第一発光層512および第二発光層513においてそれぞれ発光が得られるため、全体として白色発光を呈する素子を形成することができる。

20

【0083】

なお、本実施例では、基板上に陽極を形成する場合について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、基板上に陰極を形成することもできる。ただし、この場合(すなわち陽極と陰極とを入れ替えた場合)には、電界発光層の積層順が本実施例で示した場合と逆になる。

【0084】

さらに、本実施例では、陽極501は透明電極であり、陽極501側から電界発光層502で生じた光を出射させる構成としているが、本発明はこれに限定されることはなく、透過率を確保するために適した材料を選択することにより陰極503側から光を出射させる構成とすることもできる。

30

【0085】

[実施例2]

本実施例では、実施例1で示した素子構造を有する有機発光素子(ITO/Cu-Pc(20nm)/ $\alpha$ -NPD(30nm)/CBP+Pt(ppy)acac:15wt%(20nm)/BCP(30nm)/CaF(2nm)/Al(100nm))の素子特性について説明する。なお、上記構造を有する有機発光素子の発光スペクトルを図8のスペクトル1、および図9に示す。また、電気的特性について図10～図13のプロット1に示す。

40

【0086】

図8のスペクトル1は、上記構造を有する有機発光素子に1mAの電流を流した際(約960cd/m<sup>2</sup>時)の発光スペクトルである。スペクトル1に示す結果から、第一発光層を形成する $\alpha$ -NPDの青色(～450nm)、第二発光層に含まれるPt(ppy)acacの燐光発光による緑色(～490nmおよび～530nm)、第二発光層に含まれるPt(ppy)acacのエキシマー発光による橙色(～570nm)の3成分を持つ白色発光が得られることがわかる。CIE色度座標は、(x, y) = (0.346, 0.397)であり、見た目にもほぼ白色であった。

【0087】

ここで、第一発光層に用いた $\alpha$ -NPDおよび第二発光層のホスト材料に用いたCBPの

50

イオン化ポテンシャルを測定したところ、 $\alpha$ -NPD は約 5.3 eV、CBP は約 5.9 eV であり、その差は約 0.6 eV であった。すなわち、0.4 eV 以上という本発明の好ましい条件を満たしており、このことが良好な白色発光につながっていると考えられる。なお、イオン化ポテンシャルの測定は、光電子分光装置 AC-2 (理研計器社製) を用いて行った。

【0088】

また、図 9 は、上記構造を有する有機発光素子に流す電流量を変化させた場合の各スペクトルを測定した結果である。ここでは、スペクトル a (0.1 mA)、スペクトル b (1 mA)、スペクトル c (5 mA) と電流値を変化させた場合の測定結果を示す。この結果から明らかなように、電流値を増加させても (輝度を上げてても)、スペクトル形状はほとんど変化せず、本発明の有機発光素子が電流値の変化に影響を受けない安定した白色発光を示すことがわかった。

10

【0089】

上記構造を有する有機発光素子の電気的特性として、図 10 における輝度-電流特性においては、プロット 1 に示すように、電流密度が  $10 \text{ mA/cm}^2$  の場合において  $460 \text{ cd/m}^2$  程度の輝度が得られた。

【0090】

また、図 11 に示す輝度-電圧特性においては、プロット 1 に示すように、9 V の電圧を印加したところ  $120 \text{ cd/m}^2$  程度の輝度が得られた。

【0091】

また、図 12 に示す電流効率-輝度特性においては、プロット 1 に示すように、 $100 \text{ cd/m}^2$  の輝度が得られた場合における電流効率は  $4.6 \text{ cd/A}$  程度であった。

20

【0092】

さらに、図 13 に示す電流-電圧特性においては、プロット 1 に示すように、9 V の電圧を印加したところ 0.12 mA 程度の電流が流れた。

【0093】

【比較例 1】

これに対して、実施例 1 で示した場合と発光層に含まれる Pt (ppy) acac の濃度を変えて作製した有機発光素子の発光スペクトルを、図 8 のスペクトル 2 およびスペクトル 3 に示す。なお、Pt (ppy) acac の濃度が、7.9 wt % の場合における測定結果がスペクトル 2、2.5 wt % の場合における測定結果がスペクトル 3 である。また、いずれの場合も、素子に 1 mA の電流を流した際のスペクトルである。

30

【0094】

スペクトル 3 で示されるように、2.5 wt % の濃度では、第一発光層を形成する  $\alpha$ -NPD の青色 ( $\sim 450 \text{ nm}$ ) と、第二発光層に含まれる Pt (ppy) acac の緑色 ( $\sim 490 \text{ nm}$  および  $530 \text{ nm}$ ) のみしか観測されず、その結果白色発光とはならなかった。また、スペクトル 2 で示されるように、7.9 wt % の濃度においては、わずかに Pt (ppy) acac のエキシマー発光が  $560 \text{ nm}$  付近にショルダーとしてスペクトルに加わっているものの、そのピークは十分ではなく、十分な白色は得られなかった。

【0095】

また、これらの素子の電気的特性を測定した。Pt (ppy) acac の濃度が 7.9 wt % の素子の測定結果を図 10～13 のプロット 2 に示し、2.5 wt % の素子の測定結果を図 10～13 のプロット 3 に示す。

40

【0096】

図 10 における輝度-電流特性においては、電流密度が  $10 \text{ mA/cm}^2$  の場合、7.9 wt % の素子は  $180 \text{ cd/m}^2$  程度の輝度が得られ、2.5 wt % の素子は  $115 \text{ cd/m}^2$  程度の輝度が得られた。

【0097】

また、図 11 に示す輝度-電圧特性においては、9 V の電圧を印加したところ、7.9 wt % の素子は  $93 \text{ cd/m}^2$  程度の輝度が得られ、2.5 wt % の素子は  $73 \text{ cd/m}^2$

50



程度の輝度が得られた。

【 0 0 9 8 】

また、図 1 2 に示す電流効率－輝度特性においては、 $100\text{cd}/\text{m}^2$  の輝度が得られた場合、 $7.9\text{wt}\%$  の素子の電流効率は  $1.8\text{cd}/\text{A}$  程度であり、 $2.5\text{wt}\%$  の素子の電流効率は  $1.1\text{cd}/\text{A}$  程度であった。

【 0 0 9 9 】

さらに、図 1 3 に示す電流－電圧特性においては、 $9\text{V}$  の電圧を印加したところ、 $7.9\text{wt}\%$  の素子は  $0.21\text{mA}$  程度の電流が流れ、 $2.5\text{wt}\%$  の素子は  $0.27\text{mA}$  程度の電流が流れた。

【 0 1 0 0 】

以上の結果から（特に、図 1 3 に示す電流－電圧特性の結果から）、本発明の有機発光素子はゲスト材料である  $\text{Pt}(\text{ppy})\text{acac}$  の濃度が高濃度 ( $15\text{wt}\%$ ) であるにもかかわらず、低濃度 ( $7.9\text{wt}\%$ 、 $2.5\text{wt}\%$ ) で形成された有機発光素子と同程度の電気特性を有していることがわかる。

【 0 1 0 1 】

〔実施例 3〕

本実施例では、絶縁表面を有する基板上に、本発明の白色発光を呈する有機発光素子を備えた発光装置（上面出射構造）を作製する例を図 6 に示す。なお、上面出射構造とは、絶縁表面を有する基板とは逆側から光を取り出す構造である。

【 0 1 0 2 】

図 6 (A) は、発光装置を示す上面図、図 6 (B) は図 6 (A) を  $A-A'$  で切断した断面図である。点線で示された 6 0 1 はソース信号線駆動回路、6 0 2 は画素部、6 0 3 はゲート信号線駆動回路である。また、6 0 4 は透明な封止基板、6 0 5 は第 1 のシール材であり、第 1 のシール材 6 0 5 で囲まれた内側は、透明な第 2 のシール材 6 0 7 で充填されている。なお、第 1 のシール材 6 0 5 には基板間隔を保持するためのギャップ材が含まれている。

【 0 1 0 3 】

なお、6 0 8 はソース信号線駆動回路 6 0 1 及びゲート信号線駆動回路 6 0 3 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる FPC（フレキシブルプリントサーキット）6 0 9 からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここでは FPC し

【 0 1 0 4 】

次に、断面構造について図 6 (B) を用いて説明する。基板 6 1 0 上には駆動回路及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路としてソース信号線駆動回路 6 0 1 と画素部 6 0 2 が示されている。

【 0 1 0 5 】

なお、ソース信号線駆動回路 6 0 1 は  $n$  チャネル型 TFT 6 2 3 と  $p$  チャネル型 TFT 6 2 4 とを組み合わせた CMOS 回路が形成される。また、駆動回路を形成する TFT は、公知の CMOS 回路、PMOS 回路もしくは NMOS 回路で形成しても良い。また、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバー型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。また、ポリシリコン膜を活性層とする TFT の構造は特に限定されず、トップゲート型 TFT であってもよいし、ボトムゲート型 TFT であってもよい。

【 0 1 0 6 】

また、画素部 6 0 2 はスイッチング用 TFT 6 1 1 と、電流制御用 TFT 6 1 2 とそのドレインに電気的に接続された第 1 の電極（陽極）6 1 3 を含む複数の画素により形成される。電流制御用 TFT 6 1 2 としては  $n$  チャネル型 TFT であってもよいし、 $p$  チャネル型 TFT であってもよいが、陽極と接続させる場合、 $p$  チャネル型 TFT とすることが好ましい。また、保持容量（図示しない）を適宜設けることが好ましい。なお、ここでは無

10

20

30

40

50

数に配置された画素のうち、一つの画素の断面構造のみを示し、その一つの画素に2つのTFTを用いた例を示したが、3つ、またはそれ以上のTFTを適宜、用いてもよい。

【0107】

ここでは第1の電極(陽極)613がTFTのドレインと直接接している構成となっているため、第1の電極(陽極)613の下層はシリコンからなるドレインとオーミックコンタクトのとれる材料層とし、有機化合物を含む層と接する最上層を仕事関数の大きい材料層とすることが望ましい。例えば、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造とすると、配線としての抵抗も低く、且つ、良好なオーミックコンタクトがとれ、且つ、陽極として機能させることができる。また、第1の電極(陽極)613は、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層としてもよいし、3層以上の積層を用いてもよい。

10

【0108】

また、第1の電極(陽極)613の両端には絶縁物(バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる)614が形成される。絶縁物614は有機樹脂膜もしくは珪素を含む絶縁膜で形成すれば良い。ここでは、絶縁物614として、ボジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いて図6に示す形状の絶縁物を形成する。

【0109】

カバレッジを良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてボジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 $\mu$ m~3 $\mu$ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるボジ型のいずれも使用することができる。

20

【0110】

また、絶縁物614を窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜、炭素を主成分とする薄膜、または窒化珪素膜からなる保護膜で覆ってもよい。

【0111】

また、第1の電極(陽極)613上には、蒸着法によって電界発光層615を選択的に形成する。さらに、電界発光層615上には第2の電極(陰極)616が形成される。陰極としては、仕事関数の小さい材料(Al、Ag、Li、Ca、またはこれらの合金Mg:Ag、Mg:In、Al:Li、またはCaN)を用いればよい。

30

【0112】

ここでは、発光が透過するように、第2の電極(陰極)616として、膜厚を薄くした仕事関数の小さい金属薄膜と、透明導電膜(ITO、IZO、ZnO等)との積層を用いる。こうして、第1の電極(陽極)613、電界発光層615、及び第2の電極(陰極)616からなる有機発光素子618が形成される。

【0113】

本実施例では、電界発光層615として、実施例1で示した積層構造を用いる。すなわち、正孔注入層であるCu-Pc(20nm)、ホール輸送性の第一発光層である $\alpha$ -NPd(30nm)、第二発光層であるCBP+Pt(ppy)acac:15wt%(20nm)、電子輸送層であるBCP(30nm)を順次積層することにより形成する。なお、第2の電極(陰極)として仕事関数の小さい金属薄膜を用いているため、ここでは電子注入層(CaF<sub>2</sub>)を用いる必要はない。

40

【0114】

このようにして形成された有機発光素子618は、白色発光を呈する。なお、ここでは、フルカラー化を実現するために着色層631と遮光層(BM)632からなるカラーフィルター(簡略化のため、ここではオーバーコート層は図示しない)を設けている。

【0115】

また、有機発光素子618を封止するために透明保護積層617を形成する。この透明保護積層617は、第1の無機絶縁膜と、応力緩和膜と、第2の無機絶縁膜との積層からな

50

っている。第1の無機絶縁膜および第2の無機絶縁膜としては、スパッタ法またはCVD法により得られる窒化珪素膜、酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜(SiNO膜(組成比 $N > O$ )またはSiON膜(組成比 $N < O$ ))、炭素を主成分とする薄膜(例えばDLC膜、CN膜)を用いることができる。これらの無絶縁膜は水分に対して高いブロッキング効果を有しているが、膜厚が厚くなると膜応力が増大してピーリングや膜剥がれが生じやすい。

【0116】

しかし、第1の無機絶縁膜と第2の無機絶縁膜との間に応力緩和膜を挟むことで、応力を緩和するとともに水分を吸収することができる。また、成膜時に何らかの原因で第1の無機絶縁膜に微小な穴(ピンホールなど)が形成されたとしても、応力緩和膜で埋められ、さらにその上に第2の無機絶縁膜を設けることによって、水分や酸素に対して極めて高い

10

【0117】

また、応力緩和膜としては、無機絶縁膜よりも応力が小さく、且つ、吸湿性を有する材料が好ましい。加えて、透光性を有する材料であることが望ましい。また、応力緩和膜としては、 $\alpha$ -NPD、BCP、MTDATA、Alq<sub>3</sub>などの有機化合物を含む材料膜を用いてもよく、これらの材料膜は、吸湿性を有し、膜厚が薄ければ、ほぼ透明である。また、MgO、SrO<sub>2</sub>、SrOは吸湿性及び透光性を有し、蒸着法で薄膜を得ることができるため、応力緩和膜に用いることができる。

【0118】

本実施例では、シリコンターゲットを用い、窒素とアルゴンを含む雰囲気中で成膜した膜、即ち、水分やアルカリ金属などの不純物に対してブロッキング効果の高い窒化珪素膜を第1の無機絶縁膜または第2の無機絶縁膜として用い、応力緩和膜として蒸着法によりAlq<sub>3</sub>の薄膜を用いる。また、透明保護積層に発光を通過させるため、透明保護積層のトータル膜厚は、可能な限り薄くすることが好ましい。

20

【0119】

また、有機発光素子618を封止するために不活性気体雰囲気下で第1シール材605、第2シール材607により封止基板604を貼り合わせる。なお、第1シール材605、第2シール材607としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第1シール材605、第2シール材607はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

30

【0120】

また、本実施例では封止基板604を構成する材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiber glass-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。また、第1シール材605、第2シール材607を用いて封止基板604を接着した後、さらに側面(露呈面)を覆うように第3のシール材で封止することも可能である。

【0121】

以上のようにして有機発光素子618を第1シール材605、第2シール材607に封入することにより、有機発光素子618を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素といった電界発光層615の劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置を得ることができる。

40

【0122】

また、第1の電極(陽極)613として透明導電膜を用いれば両面発光型の発光装置を製作することもできる。

【0123】

なお、本実施例に示す発光装置は、実施例1に示した電界発光素子の素子構成だけでなく本発明を用いて形成される電界発光素子の構成を組み合わせることで実施することが可能である。

【0124】

50

## 〔実施例 4〕

本実施例 4 では、本発明の有機発光素子を有する発光装置を用いて完成させた様々な電気器具について説明する。

## 〔0125〕

本発明の有機発光素子を有する発光装置を用いて作製された電気器具として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンボ等）、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的にはデジタルビデオディスク（DVD）等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。これらの電気器具の具体例を図 7 に示す。 10

## 〔0126〕

図 7（A）は表示装置であり、筐体 7101、支持台 7102、表示部 7103、スピーカー部 7104、ビデオ入力端子 7105 等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7103 に用いることにより作製される。なお、表示装置は、パソコン用、TV 放送受信用、広告表示用などの全ての情報表示用装置が含まれる。

## 〔0127〕

図 7（B）はノート型パーソナルコンピュータであり、本体 7201、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングマウス 7206 等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7203 に用いることにより作製される。 20

## 〔0128〕

図 7（C）はモバイルコンピュータであり、本体 7301、表示部 7302、スイッチ 7303、操作キー 7304、赤外線ポート 7305 等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7302 に用いることにより作製される。

## 〔0129〕

図 7（D）は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（具体的には DVD 再生装置）であり、本体 7401、筐体 7402、表示部 A 7403、表示部 B 7404、記録媒体（DVD 等）読み込み部 7405、操作キー 7406、スピーカー部 7407 等を含む。表示部 A 7403 は主として画像情報を表示し、表示部 B 7404 は主として文字情報を表示するが、本発明の有機発光素子を有する発光装置をこれら表示部 A 7403 および B 7404 に用いることにより作製される。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。 30

## 〔0130〕

図 7（E）はゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）であり、本体 7501、表示部 7502、アーム部 7503 を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7502 に用いることにより作製される。

## 〔0131〕

図 7（F）はビデオカメラであり、本体 7601、表示部 7602、筐体 7603、外部接続ポート 7604、リモコン受信部 7605、受像部 7606、バッテリー 7607、音声入力部 7608、操作キー 7609、接眼部 7610 等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7602 に用いることにより作製される。 40

## 〔0132〕

ここで図 7（G）は携帯電話であり、本体 7701、筐体 7702、表示部 7703、音声入力部 7704、音声出力部 7705、操作キー 7706、外部接続ポート 7707、アンテナ 7708 等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部 7703 に用いることにより作製される。なお、表示部 7703 は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を抑えることができる。

## 〔0133〕

以上の様に、本発明の有機発光素子を有する発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光 50

装置をあらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。

【 0 1 3 4 】

【 発 明 の 効 果 】

本発明を実施することで、発光効率が低い白色有機発光素子を提供することができる。また特に、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する発光スペクトルを持つ高効率な白色有機発光素子を提供することができる。さらに、前記有機発光素子を用いて発光装置を作製することにより、従来よりも消費電力の低い発光装置を提供することができる。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 本発明の有機発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【 図 2 】 本発明の有機発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【 図 3 】 本発明の有機発光素子の素子構造を示す図。

【 図 4 】 本発明の有機発光素子の素子構造を示す図。

【 図 5 】 本発明の有機発光素子の具体的な素子構造を示す図。

【 図 6 】 本発明の発光装置の概略図。

【 図 7 】 本発明の発光装置を用いた電気器具の例を示す図。

【 図 8 】 実施例 2 および比較例 1 における発光スペクトルを示す図。

【 図 9 】 実施例 2 における発光スペクトルの電流密度依存性を示す図。

【 図 1 0 】 実施例 2 および比較例 1 における輝度－電流特性を示す図。

【 図 1 1 】 実施例 2 および比較例 1 における輝度－電圧特性を示す図。

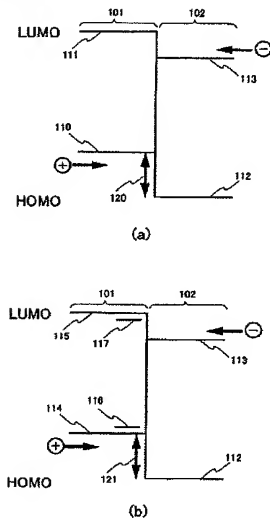
【 図 1 2 】 実施例 2 および比較例 1 における電流効率－電流特性を示す図。

【 図 1 3 】 実施例 2 および比較例 1 における電流－電圧特性を示す図。

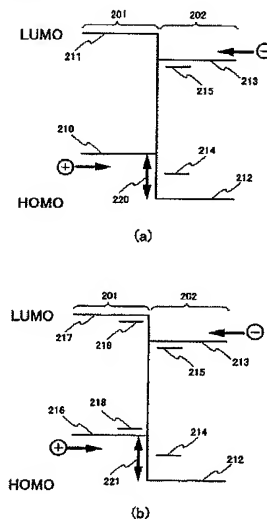
10

20

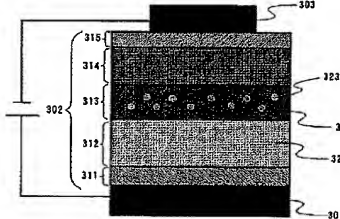
【 図 1 】



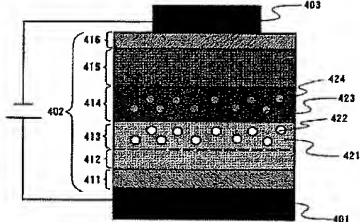
【 図 2 】



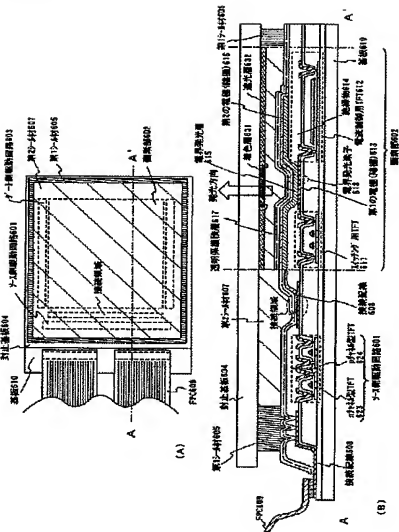
【図 3】



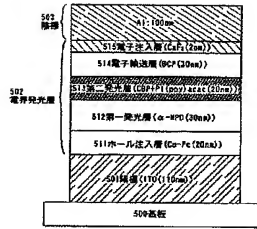
【図 4】



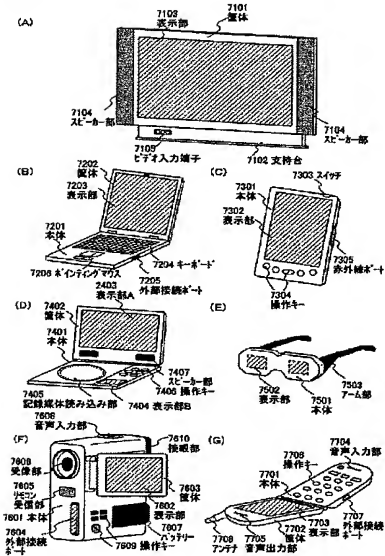
【図 6】



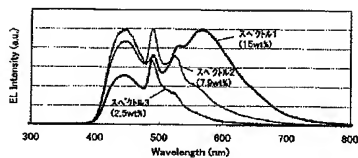
【図 5】



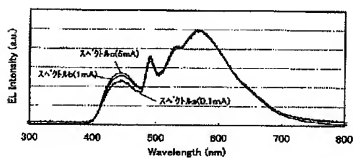
【図 7】



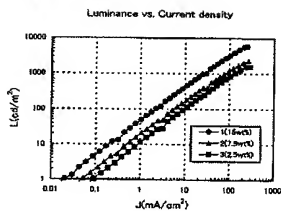
【 図 8 】



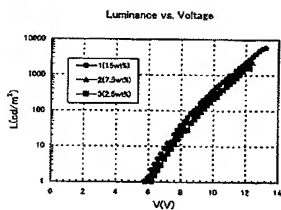
【 図 9 】



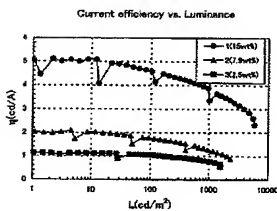
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 13 】

